

Geo-Temas



Volumen 16 (1)

IX Congreso Geológico de España



Universidad
de Huelva



Instituto Geológico
y Minero de España



Evidencias de expulsión de fluidos en el complejo Hespérides en el talud medio del Golfo de Cádiz

Evidence of fluid venting on the Hespérides complex at the middle slope of the Gulf of Cádiz

D. Palomino¹, J.T. Vázquez¹, N. López-González¹, L.M. Fernández-Salas², J.L. Rueda¹, E. González-García³ y V. Díaz-del-Río¹

1 Instituto Español de Oceanografía. CO de Málaga, Puerto Pesquero s/n, 29640, Fuengirola (Málaga) desiree.palomino@gmail.com

2 Instituto Español de Oceanografía. CO de Cádiz, Muelle Pesquero s/n, 11006, Cádiz (Cádiz)

3 Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, Campus de Teatinos s/n, 29071, Málaga (Málaga)

Resumen: En este trabajo se ha analizado la morfología del fondo, las características sub-superficiales y las comunidades bentónicas en el complejo Hespérides, situado en el talud continental del Golfo de Cádiz, con el objetivo de entender su relación con los procesos geológicos y oceanográficos, así como la influencia sobre los hábitats que se generan. Se han detectado especies bentónicas asociadas a escapes de fluidos, a sustratos duros y blandos en diferentes zonas del complejo. Los sedimentos de brecha fangosa y los organismos quimiosimbióticos se localizan en la cima de los conos volcánicos asociados a una mayor actividad de emisión. Los carbonatos autígenicos en los flancos y la base del edificio están relacionados con una actividad de expulsión de fluidos moderada, siendo desenterrados por las corrientes de fondo y colonizados por especies de sustratos duros. Las depresiones en la base están formadas por procesos de colapso, debido a escapes de fluidos activos bajo la influencia de las corrientes profundas. En general, los principales factores que controlan la morfología y las comunidades bentónicas asociadas son los procesos relacionados con escapes de fluidos, aunque no hay que despreciar el efecto de los procesos gravitacionales y la acción de las masas de agua profunda.

Palabras clave: expulsión de fluidos, fauna quimiosimbionte, volcanes de fango, Golfo de Cádiz.

Abstract: Seabed morphology, sub-bottom characteristics and benthic communities of the Hespérides volcanic complex, located in the continental slope of the Gulf of Cadiz, have been analyzed. The aim of this study is to characterize the morphological features, the geological processes and near-bottom water masses for understanding the relationships between the occurrence of this fluid venting related edifice and their associated biota. Additionally, dominant benthic species associated with seepage, hard substrates or soft bottoms have also been observed in different areas of the complex. Mud breccia sediments and chemosymbiotic metazoans are mainly located at the summit indicating a higher seepage activity. Authigenic carbonates on the flanks and the base of the volcanic structure are related to a moderate seepage activity, being exhumed by bottom currents and colonized by hard substrate associated species. Adjacent depressions are linked to collapse processes as a result of the interplay of active fluid escape and bottom current effects. In general, major factors controlling these features and their associated biota are mud flow and fluid-escape-related processes, although other factors such as gravitational and deep water masses related processes are also involved.

Key words: seepage, chemosymbiotic fauna, mud volcanoes, Gulf of Cadiz.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de Cádiz presenta un gran número de volcanes de fango, que son estructuras relacionadas con la emisión de fluidos producidas por la migración vertical de sedimentos fangosos cargados en gases que son expulsados por sucesivas emisiones (Milkov, 2000). En estos edificios se desarrollan diferentes hábitats que están condicionados por el tipo de sustrato, las masas de agua profundas y los procesos geológicos que se desarrollan a nivel regional y local. Numerosos estudios han aportado información sobre los volcanes de fango, la migración y emisión de fluidos en ellos, y la fauna bentónica asociada a dichas emisiones en

diversas zonas del Golfo de Cádiz, incluido el complejo Hespérides (Somoza et al., 2003; León et al., 2010), aunque actualmente se están realizando estudios de carácter multidisciplinar que permiten relacionar todo este tipo de observaciones (Palomino et al., 2015).

En este sentido, el objetivo de este trabajo es el estudio de la morfología del fondo, las características sub-superficiales y la biota asociada del complejo Hespérides, situado en el talud medio del Golfo de Cádiz, para entender la relación de las características de este edificio con los procesos geológicos recientes y con las masas de agua, así como su influencia en el desarrollo de hábitats.

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS

El Golfo de Cádiz se sitúa en un contexto actual compresivo, donde se desarrollan importantes fenómenos de diapirismo y vulcanismo de fango. Estos fenómenos están relacionados con el emplazamiento de la Unidad Alóctona del Golfo de Cádiz (UAGC) durante el Oligoceno Tardío y el Tortonense superior, y con el desarrollo de complejos extensionales gravitacionales y zonas transpresivas desde el Messiniense hasta el Cuaternario, que favorecieron el ascenso de los materiales más plásticos de la UAGC en forma de estructuras diapíricas íntimamente relacionadas con la formación de volcanes de fango (Fig. 1A). El área de estudio denominada Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (CPEF, Díaz del Río et al., 2014) se localiza entre 680 y 1200 m de profundidad, en un sector del talud medio del margen

español del Golfo de Cádiz caracterizado por depósitos fangosos que son atravesados por canales erosivos de dirección E-O y NE-SO (Fig. 1B).

La circulación oceanográfica en el Golfo de Cádiz está controlada por el intercambio de masas de agua a través del Estrecho de Gibraltar, con un flujo de agua Atlántica de entrada (AIW) hacia el mar de Alborán y un flujo de agua Mediterránea de salida (MOW) hacia el Océano Atlántico. La MOW recorre el margen ibérico hacia el noroeste y se divide en dos núcleos principales. El área de estudio se encuentra bajo la influencia de una desviación de la rama inferior de la MOW que gira en una dirección NE-SO a su salida por el Estrecho de Gibraltar (Fig. 1A). La velocidad de la corriente de fondo en el complejo Hespérides, situado en el extremo occidental, oscila entre 0,5 y 0,56 m/s (Díaz del Río et al., 2014).

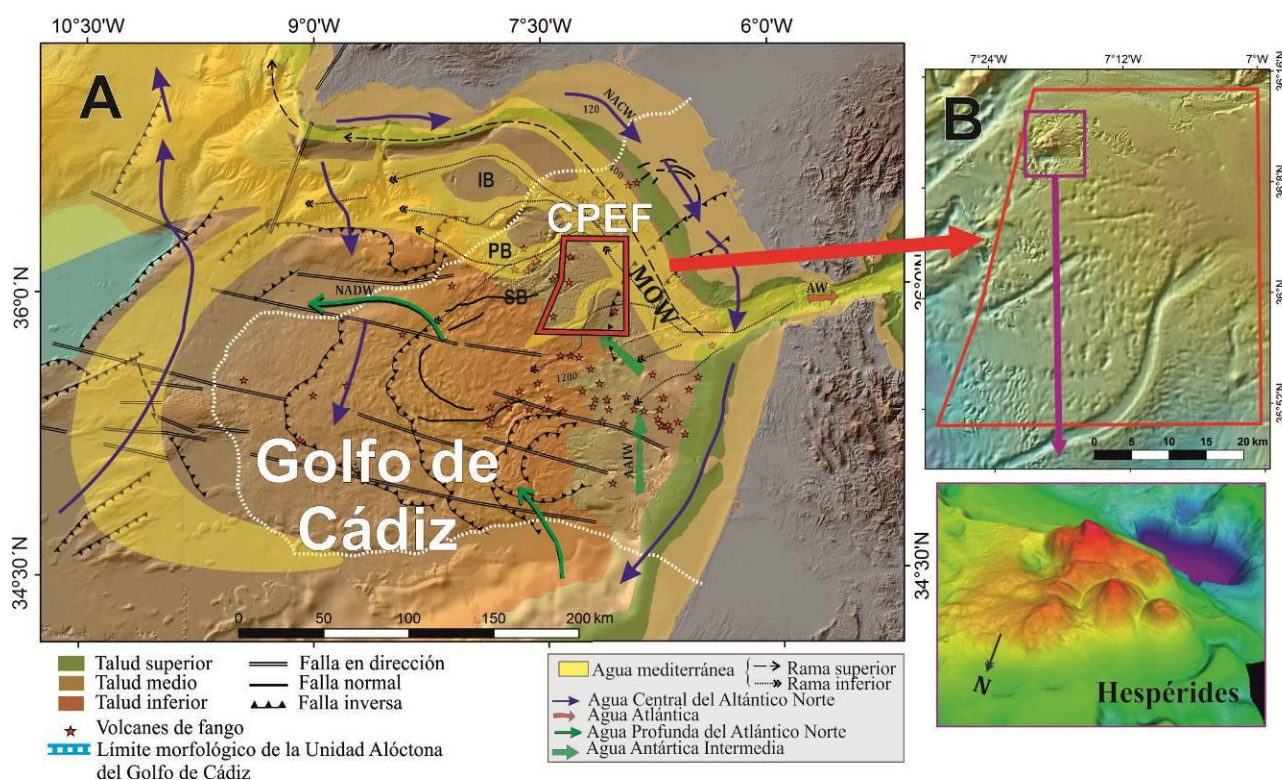


FIGURA 1. Localización de la zona de estudio. A) Principales dominios fisiográficos, elementos tectónicos y principales masas de agua en el Golfo de Cádiz (rasgos tectónicos modificados de Medialdea et al., 2004; Zitellini et al., 2009; y masas de agua modificadas de Hernández-Molina et al., 2014). B) Área de estudio localizada en un sector del talud medio denominada Campo Profundo de Expulsión de Fluidos (CPEF) donde se localiza el complejo Hespérides.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos geofísicos y muestras se obtuvieron en el marco del proyecto LIFE+INDEMARES/CHICA en el CPEF (Fig. 1). Los datos batimétricos y de reflectividad fueron procesados con el programa *Caris Hips and Sips* para crear modelos batimétricos a una resolución de 15 m. Para el análisis morfológico se utilizó el programa *ArcGIS desktop*, y además se

analizaron perfiles sísmicos de muy alta resolución obtenidos con la sonda paramétrica TOPAS-PS18 que se convirtieron e importaron en formato SEG-Y y han sido interpretados mediante el programa *IHS Kingdom*. Las muestras de sedimento superficial se obtuvieron mediante *box-corer*, que sirvieron para caracterizar la textura del sedimento y la epi- y endofauna. Los videos e imágenes submarinas obtenidos con VOR (Vehículo

de Observación Remolcado) se han utilizado para identificar la epifauna y los hábitats que conforman.

RESULTADOS

El CPEF es un sector morfológicamente complejo debido al efecto combinado de los procesos erosivos, gravitacionales y sedimentarios de la zona. Se caracteriza por un gran cuerpo sedimentario con forma de abanico que es atravesado por surcos erosivos y otras formas como campos de ondas de fango y arena, deslizamientos y relieves relacionados con la expulsión de fluidos como son los *pockmarks*, valles ciegos y edificios volcánicos fangosos. En esta zona se localiza el complejo diapiro/volcán Hespérides, constituido por una elevación del fondo generada por diapirismo, que además alberga varios conos volcánicos, donde se han obtenido brecha fangosa que permite confirmar su naturaleza como volcanes de fango. Las características morfológicas del edificio se presentan en la Tabla I.

El complejo Hespérides se localiza en la parte NO del CPEF, presentando 187 m de altura y una forma ca-

Variables morfológicas	Hespérides
Profundidad (max./min.) <m>	859/672
Longitud (max./min.) <km>	3,6/2,3
Altura <m>	187
Área <km ² >	8,13
Pendiente <º>	0,5/30

TABLA I. Dimensiones y variables morfológicas medidos en el complejo Hespérides.

si triangular, donde dos de sus lados tienen fuertes pendientes, mientras que el tercero, al NE, termina de forma más suave. Se diferencian dos conos volcánicos principales situados al O del complejo que presentan un perfil asimétrico (Fig. 2A y 2B). Los sedimentos se caracterizan por contener brecha fangosa con clastos polimícticos de tamaño arena-grava, donde se detectó una alta abundancia de organismos quimiosimbióticos como los poliquetos frenulados (*Siboglinum* sp.) y poblaciones del bivalvo *Solemya elarraichensis*.

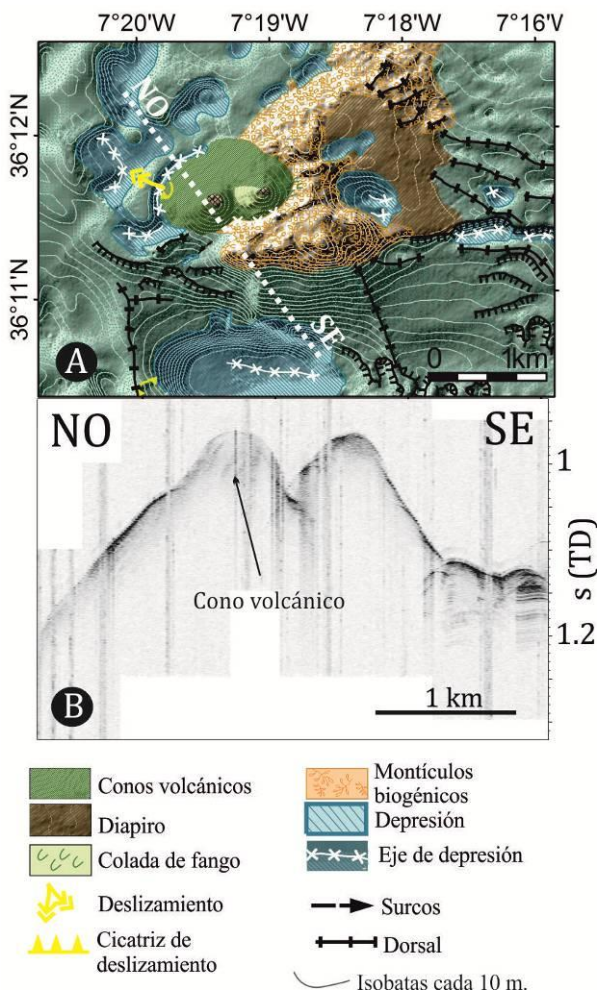


FIGURA 2. Complejo Hespérides. A) Interpretación morfológica representada sobre un mapa de sombras con una resolución de 15x15 m. B) Ejemplo de perfil de muy alta resolución TOPAS con la localización indicada en la Fig. 2a.

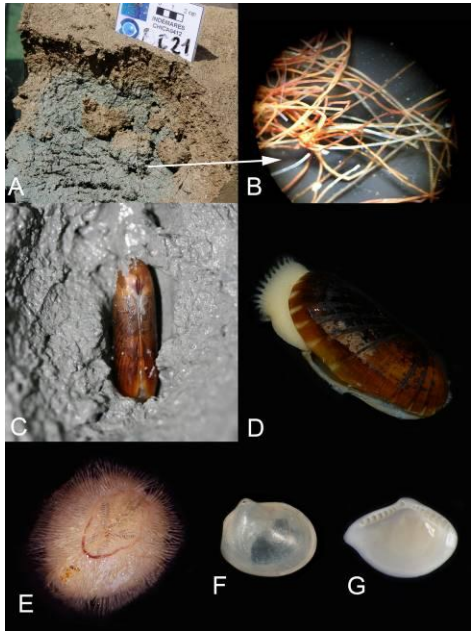


FIGURA 3. Endofauna del complejo Hespérides. A y B: poliquetos frenulados (*Siboglinum* sp.) colonizando la brecha fangosa; C: vista dorsal y lateral del bivalvo *Solemya elarraichensis* en las galerías excavadas en sedimentos anóxicos y ricos en brecha fangosa; E: *Brissopsis* sp.; F: *Thyasira succisa*; G: *Yoldiella messanensis*.

La parte central del complejo presenta una reflectividad más elevada que el resto, obteniéndose muestras de arena fangosa con fragmentos bioclásticos y de enlosados y chimeneas carbonatadas colonizadas por pequeños octocorales (ej. *Swiftia*, *Acanthogorgia*, *Anthomasthus*) que han permitido interpretar varios montículos y crestas de origen biogénico. Se han observado cicatrices de deslizamientos al S y al O del complejo, que está rodeado de varias depresiones, destacando la situada al sur de forma ovalada y caracterizada por un fondo plano con elevada pendiente en los bordes, características típicas de las depresiones producidas por colapso. En esta depresión, los

sedimentos están constituidos por arena fangosa con acumulaciones de carbonatos autigénicos donde se dan diferentes especies de poliquetos (*Notomastus*, *Laonice*), bivalvos (*Thyasira*, *Yoldiella*) y restos de corales de aguas frías (principalmente *Dendrophyllia alternata*). En las zonas adyacentes al complejo Hespérides se ha observado un sedimento bastante homogéneo formado por arena fangosa marrón hemipelágica y una menor biodiversidad.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La actividad relacionada con la expulsión de fluidos se puede evaluar a través de distintos factores. En los conos volcánicos del complejo Hespérides se ha descrito bajo una fina capa de sedimentos hemipelágicos la facies de brecha fangosa en la columna sedimentaria que, junto con el olor a sulfhídrico y la presencia de especies quimiosimbióticas típicas de sedimentos cargados en gas (Ej. *Siboglinum*, *Solemya*), evidencian emisiones activas de fluidos. Las coladas de fango indican que, durante la formación de los conos volcánicos, el proceso de extrusión ha tenido lugar en varias fases. La presencia de carbonatos autigénicos en los flancos y la base estaría relacionada con emisiones moderadas de fluidos, aunque la acción de las corrientes de fondo ha podido desenterrarlos del sedimento donde se formaron. Los carbonatos autigénicos proporcionan además el sustrato adecuado para el desarrollo de hábitats dominados por gorgonias (Ej. *Acanthogorgia*, *Swiftia*), entre otros, que necesitan además de un hidrodinamismo adecuado para su desarrollo. La existencia de depresiones y canales en la base de estos edificios está relacionada con procesos de ascenso y expulsión de fluidos, así como con fenómenos de colapso, de manera similar a lo observado en otras zonas del campo profundo (García et al., 2009; León et al., 2010), y podrían estar sometidas a la posterior acción de las corrientes de agua profunda, como evidencia la presencia de sustratos de textura más gruesa y una megafauna (*Flabellum*) relacionada con condiciones hidrodinámicas de mayor energía.

El análisis del conjunto de todos los tipos morfológicos descritos, permite conjeturar que el complejo Hespérides mantiene una actividad de emisión en la actualidad, aunque las evidencias faunísticas apuntan a que se trata de una actividad moderada que podría ser más activa en la cima de los conos volcánicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos LIFE+ INDEMARES/CHICA y ATLAS (EU Horizon 2020) y al grupo PAIDI de investigación RNM-328. Las actividades de D. Palomino fueron financiadas por el proyecto SUBVENT (CGL2012-39524-C02-01).

REFERENCIAS

- Díaz del Río, V., Bruque, G., Fernández Salas, L.M. et al. (2014): *Volcanes de fango del golfo de Cádiz, Proyecto LIFE+ INDEMARES*, Ed. Fundación Biodiversidad del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid (España), 128 p.
- García, M., Hernández-Molina, F.J., Llave, et al. (2009): Contourite erosive features caused by the Mediterranean Outflow Water in the Gulf of Cadiz: quaternary tectonic and oceanographic implications. *Marine Geology*, 257(1/4): 24-40.
- Hernández-Molina, F.J., Stow, D.A.V., Alvarez-Zarikian, C.A., Acton, G., et al. (2014): Onset of Mediterranean Outflow into the North Atlantic. *Science*, 344(6189): 1244-1250.
- León, R., Somoza, L., Medialdea, et al. (2010): Pockmarks, collapses and blind valleys in the Gulf of Cádiz. *Geo-Marine Letters*, 30 (3-4): 231-247.
- Medialdea, T., Vegas, R., Somoza, L., et al. (2004): Structure and evolution of the "Olistostrome" complex of the Gibraltar Arc in the Gulf of Cadiz (eastern Central Atlantic): evidence from two long seismic cross-sections. *Marine Geology*, 209: 173-198.
- Milkov, A.V. (2000): Worldwide distribution of submarine mud volcanoes and associated gas hydrates. *Marine Geology*, 167: 29-42.
- Palomino, D., López-González, N., Vázquez, J.T., et al. (2015): Multidisciplinary study of mud volcanoes and diapirs and their relationship to seepages and bottom currents in the Gulf of Cadiz continental slope (northeastern sector). *Marine Geology*, doi:10.1016/j.margeo.2015.10.001
- Somoza, L., Díaz-del-Río, V., León, R., et al. (2003): Seabed morphology and hydrocarbon seepage in the Gulf of Cadiz mud volcano area: acoustic imagery, multibeam and ultra-high resolution seismic data. *Marine Geology*, 195: 153-176.
- Zitellini, N., Gràcia, E., Matias, et al. (2009): The quest for the Africa-Eurasia plate boundary west of the Strait of Gibraltar. *Earth and Planetary Science Letters*, 280(1-4): 13-50.